

## Eine absolute Bestimmung der Wellenlängen der Fraunhofer'schen *D*-Linien.

Ausgeführt im k. k. physikalischen Institute.

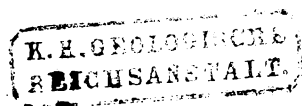
Von **L. Ditscheiner.**

(Vorgelegt in der Sitzung am 27. Juli 1865.)

Nachdem ich im October v. J. meine „Bestimmungen der Wellenlängen der Fraunhofer'schen Linien des Sonnenspectrums“ <sup>1)</sup> der hohen Classe vorzulegen die Ehre hatte, war mir aus dem Novemberhefte von Pogg. Ann. (123, 489) eine früher schon in der Oefverrigt af k. Vet. Akad. Förh. 1863, Nr. 2 erschienene Abhandlung von Ångström bekannt geworden, in der beinahe von einer eben so grossen Anzahl Fraunhofer'scher Linien die Wellenlängen angegeben werden, und der noch der Vorzug zukam, dass darin ihre absolute Grösse bestimmt worden war, da Ångström die Spaltenbreite seines Gitters, nach den Angaben des Verfertigers Herrn Nobert, kannte, während ich damals nicht in der Lage, diese Spaltenbreite für mein Gitter bestimmen zu können, und diese selbst nicht angegeben war. Da das Gitter von Fraunhofer selbst verfertigt, so lag es nahe, um die Wellenlänge einer grösseren Anzahl von dunklen Linien als Fraunhofer sie bestimmt hatte, kennen zu lernen, eine der von ihm gemessenen Linien als Ausgangspunkt zu benützen. Die Ångström'schen Angaben weichen aber etwas von jenen Fraunhofer's ab, so dass in mir der Wunsch rege wurde, die Spaltenbreite meines Gitters so genau als möglich zu bestimmen, um auch meinen Messungen eine absolute Bestimmung zu Grunde legen zu können. Ich bin nun mit Gegenwärtigem in der angenehmen Lage, diese von Fraunhofer unabhängige Wellenlängenbestimmung seiner beiden *D*-Linien vorlegen zu können.

Zu dieser Bestimmung war es nothwendig, erstens die Anzahl der Linien des Gitters und zweitens die Entfernung der ersten von der letzten zu kennen. Um die Anzahl der Linien zu erfahren, gibt es

1) Sitzb. 50. Bd. S. 296.



wohl nur eine Methode, die, so einfach sie auch zu sein scheint, doch nicht geringe Schwierigkeiten darbietet, nämlich sie unmittelbar zu zählen. Zu diesem Behufe wurde das Gitter unter einem Plössl'schen Mikroskope, bei 172maliger Vergrößerung, mit Hilfe der Mikrometerschraube durchgezogen und die Anzahl der so vorbeigewanderten Linien gezählt. Da das Gitter zu breit war, um alle Linien auf einmal durchlaufen lassen zu können, so musste das Gitter selbst in Theile getheilt werden, so dass man dort, nach einer Verschiebung des Gitters und nach Zurückdrehen der Mikrometerschraube, wieder zu zählen beginnen konnte, wo man aufgehört hatte. Es geschah diese Theilung durch Punkte, welche mit Tinte etwa auf dem Gitter bemerkbar gemacht wurden, Punkte die sich unter dem Mikroskope wohl nicht als solche, sondern vielmehr als grosse Flecken darstellten, in denen jedoch noch sehr gut die einzelnen Linien des Gitters sich zeigten. In diesem Flecken war, da ihre Form nach aussen begreiflicher Weise eine sehr verschiedene war, leicht eine solche Gitterlinie zu fixiren und es so möglich, einen Anhaltspunkt für die Zählung im andern Theile des Gitters zu gewinnen. Die Schwierigkeiten bei der Bestimmung der Anzahl dieser Linien liegt nur im Zählen selbst, und es verlangt diese eine nicht geringe Übung und eine ganz besondere Aufmerksamkeit, da nichts leichter ist als das Ver zählen, namentlich deshalb, weil die Mikroskope keineswegs so eisenfest gebaut sind, dass nicht unbedeutende Veränderungen in der Umgebung desselben einen merklichen und hindernden Einfluss hätten. Zur Erleichterung des ganzen Zählens war das Gitter, das etwa 6 Linien breit war, durch solche Punkte in zwölf Theile getheilt worden. Allen diesen Schwierigkeiten entgeht man natürlicher Weise, wenn die Anzahl der Linien bei Verfertigung des Gitters gezählt worden sind, oder, wenn dies die Theilmaschine selbst verrichtet. Dass diese Linien mehrmals gezählt wurden, von den verunglückten unzähligen Versuchen abgesehen, dürfte wohl kaum zu erwähnen sein.

Die Bestimmung der Entfernung der ersten von der letzten Linie des Gitters ist wegen der Genauigkeit mit der dieselbe gemacht werden muss, auch eine ziemlich schwierige. Die Möglichkeit dieser Ausführung verdanke ich der besonderen liebenswürdigen und aufopfernden Unterstützung seitens des Herrn Professors Dr. J. Herr, unter dessen Leitung die mathematische Sammlung des k. k. polytechnischen Institutes sich befindet, welche im Besitze des vom

Professor Stampfer bis auf das genaueste untersuchten Comparators (s. Jahrbuch des polyt. Institutes Bd. 18, S. 149) ist. Auf demselben ist die Original-Wiener Klafter aufgetragen, dieselbe welche Prof. Stampfer mit dem Meter verglichen hatte, so dass über die Richtigkeit der zu Grunde gelegten Maasseinheit kein Zweifel sein kann. Man ist mit diesem Instrumente im Stande bis auf  $0\cdot001''$ , bei grösserer Übung selbst bis auf  $0\cdot0002''$  wahrscheinlicher Unsicherheit die Länge einer Linie anzugeben. Wenn diese Genauigkeit im gegenwärtigen Falle trotz Berücksichtigung der Temperatur u. s. w. auch nicht erreicht worden, so hat dies seinen leicht begreiflichen Grund in der Pointirung, die bei so wenig tief eingerissenen Linien keine so präzise sein kann, wie sie bei anderen Längenmessungen möglich ist. Da der Comparator nur grössere Längen, wegen der Dimensionen der Mikrometer, unmittelbar angeben kann, so musste, nachdem das Gitter auf einem dicken Glaslineale befestiget worden, auf letzterem noch ein Hilfspunkt in derselben Höhe wie die Gitterfläche angebracht werden, so dass die Differenz der Entfernung der beiden Enden des Gitters von dem Hilfspunkte die Gitterbreite selbst lieferte. Es war dieser Hilfspunkt von dem ihm näher gelegenen Gitterrande um nahe 4 Zoll entfernt, so dass noch in jenem Theile des Comparators gemessen werden konnte (von  $69''$ — $73''6''$ ), in welchem die Theilungsfehler von Linie zu Linie bestimmt wurden.

Am Fraunhofer'schen Gitter wurden zehn Messungen gemacht, welchen zur Folge die Gitterbreite, d. i. die Entfernung der ersten und der letzten Linie, nach Correction bezüglich der Temperatur und der Theilungsfehler am Comparator, ist

6·3203	6·3216
6·3202	6·3218
6·3195	6·3223
6·3192	6·3227
6·3203	6·3233

sonach im Mittel

$$= 6\cdot3213 \text{ Wiener Linien } ^1)$$

$$= 13\cdot8765 \text{ Millim.}$$

„eine Zahl, die auf  $0\cdot001$  W. Linien =  $0\cdot0022$  Millim. wohl sicher sein dürfte.“

<sup>1)</sup> 1 W. Zoll =  $26\cdot342439$  Millim.

Für das von mir ebenfalls zu einer Messung benützte Plössl'sche Gitter, ergab sich die Entfernung der zweiten Linie von der vorletzten (wegen des sicheren Pointirens wurden nämlich in diesem Falle nicht wie beim Fraunhofer'schen die erste und letzte genommen, da man bei dem Plössl'schen bei etwa 40maliger Vergrößerung der Mikrometer schon die einzelnen Gitterlinien unterscheiden konnte, während bei der Fraunhofer'schen nur die Grenze zwischen der glatten Glasfläche und der eigentlichen Gitterfläche scharf gesehen werden konnte), aus folgenden corrigirten Messungen

8·07561	8·07469
8·07471	8·07511
8·07497	8·07646

im Mittel als

$$\begin{aligned} & 8\cdot0753 \text{ Wiener Linien} \\ & = 17\cdot7269 \text{ Millim.} \end{aligned}$$

mit einem mittleren Fehler von 0·0003''.

Da für das Fraunhofer'sche Gitter die Zahl der eingerissenen Linien 2997 ist, so ist die Spaltenbreite desselben

$$0\cdot0046317 \text{ Millim.},$$

wonach die Wellenlängen der beiden *D*-Linien 1002·8 und 1006·8, welche ich früher als 589·44 und 588·80 Millionteln des Millimeters angenommen, die etwas grösseren Werthe

$$590\cdot53 \text{ und } 589\cdot89$$

Millionteln des Millimeters erhalten.

Bei der Prüfung des Gitters unter dem Mikroskope zeigten sich alle einzelnen Linien gleichweit von einander entfernt und von gleicher Dicke, auch waren die erste und letzte Linie nicht tiefer eingerissen als die dazwischen liegenden, wie dies Fraunhofer bei den von ihm benützten angibt.

Für die Spaltenbreite des Plössl'schen Gitters, welches im Ganzen 1610 Linien enthält, so dass zwischen der zweiten und vorletzten Linie, deren Distanz oben angegeben, 1607 Spaltenbreiten sich befinden, erhält man den Werth

$$b + c = 0\cdot0110305 \text{ Millim.}$$

In dem zweiten Spectrum ist bei senkrecht einfallendem Lichte für die eine *D*-Linie (1006·8) die Deviation  $6^{\circ}9'40''$ , es ergibt sich also als Werth für die Wellenlänge dieser Linie

$$591\cdot92$$

eine Zahl, die von der oben angegebenen um ein bedeutendes abweicht. Aber schon die mikroskopische Untersuchung liess eine solche Abweichung erwarten, denn es zeigten sich die einzelnen Gitterlinien nicht sehr genau gleichweit, und namentlich gegen die Enden des Gitters waren die Linien viel weiter von einander entfernt als in der Mitte, wenn auch die Zahl der letzteren weit bedeutender ist als jene der ersteren. Aber noch mehr gaben diese ungleichen Distanzen der Linien ihren Einfluss bei Beobachtung der Spectra selbst kund. Schon im zweiten Spectrum zeigten sich zwei schwächere *D*-Linien mit geringerer Deviation als die starken, im dritten aber liessen sich ausser zwei Paaren von *D*-Linien noch drei Gruppen, wie sie bei *b* sich im Spectrum zeigen, deutlich erkennen, selbst so, dass man sich über die grössere oder geringere Schwärze von zweien dieser Gruppen im Zweifel befinden konnte. Die Messungen, welche ich in diesen Spectren gemacht, lassen es vermuthen, dass hier drei, vielleicht auch noch mehr Spectra über einander gelagert sind, die den neben einander liegenden Gruppen verschieden weit entfernter Gitterlinien ihre Entstehung verdanken. Eine dieser Messungen, die bei senkrecht auffallendem Lichte gemacht worden ist, will ich hier anführen. Die Fraunhofer'schen Linien sind mit ihren gebräuchlichen Buchstaben neben der ihnen entsprechenden Deviation angeführt, in jedem Spectrum sind die stärksten derselben ohne Striche, die schwächeren mit Strichen und die schwächsten mit zwei solchen angeführt. Auch sind die Wellenlängen beigefügt, wie sie der gefundenen Spaltenbreite und der Deviation entsprechen.

## II. Spectrum.

<i>F</i>	5°	5'	3"	488·76
<i>b</i>	5	25	20	521·16
<i>D</i>	}	6	9 40	591·92
		6	10 1	592·48
<i>D'</i>	}	6	15 16	600·85
		6	15 35	601·26
<i>C</i>	6	52	0	659·40
<i>C'</i>	6	58	23	669·57

## III. Spectrum.

$F'$	7° 42' 46"	493·46
$F$	7 38 14	488·66
$b''$ (1634)	8 4 0	515·96
$b'$	8 8 51	521·09
$b$	8 13 51	526·39
$D'$	{ 9 15 53	600·60
	{ 9 16 26	601·21
$D$	{ 9 24 35	591·98
	{ 9 25 12	592·56

Es ergibt sich aus diesen Messungen, dass die Linien  $D$  im zweiten Spectrum jenen  $D'$  im dritten und  $D'$  im zweiten jenen  $D$  im dritten, dass also die stärkeren im zweiten den schwächeren im dritten entsprechen, wengleich von vorneherein zu erwarten war, dass die stärkeren Gruppen des zweiten zu den starken des dritten Spectrums gehören. Aber auch dies scheint mir erklärlich, wenn man die Intensitätsformeln berücksichtigt. Die Dicke der eingerissenen Linien ist bei diesem Gitter nicht merklich verschieden,  $c$  ist also an allen Stellen des Gitters gleich, nur  $b$  ist verschieden. Für die Intensität besteht aber für das  $n^{\text{te}}$  Spectrum die Formel

$$J = a^2 b^2 z^2 \cdot \left( \frac{\sin \frac{n\pi b}{b+c}}{\frac{n\pi b}{b+c}} \right)^2$$

für die eine Gruppe gleichweiter Linien des Gitters, und für eine andere Gruppe von anderer gegenseitiger Entfernung der Linien

$$J' = a'^2 b'^2 z'^2 \cdot \left( \frac{\sin \frac{n\pi b'}{b'+c}}{\frac{n\pi b'}{b'+c}} \right)^2,$$

so dass das Verhältniss dieser beiden Intensitäten für die einander entsprechenden Gruppen in den verschiedenen Spectren auch ein anderes sein kann. Für den Fall etwa, dass  $\frac{b}{b+c} = \frac{1}{2}$  und  $\frac{b'}{b'+c} = \frac{1}{3}$  ist, werden im zweiten und dritten Spectrum nur immer eine Gruppe erscheinen, die aber nicht zusammengehörig sind, der im zweiten Spectrum würde  $J = 0$  entsprechen und  $J'$  hätte einen bestimmten Werth, während im dritten  $J$  einen bestimmten Werth hätte und  $J' = 0$  wäre, in dem einen Falle wäre  $\frac{J_1}{J} = \infty$  in dem andern  $\frac{J}{J_1} = \infty$ .

Es wäre interessant gewesen solche Spectra ungenau gearbeiteter Gitter näher zu untersuchen, aber die Schwierigkeiten, die sich bei solchen Untersuchungen darbieten, sind zu schwer zu überwinden, wenn dieses überhaupt möglich ist, als dass ich in der Lage wäre genauere Resultate mittheilen zu können.

Ich gebe zum Schlusse nur noch eine Zusammenstellung der Wellenlängen, wie sie sich nach Umrechnung bezüglich der neuen Spaltenbreite des Fraunhofer'schen Gitters ergeben und will hier nur bemerken, dass ihre relativen Werthe (bei Annahme einer gleichen Wellenlänge irgend einer Linie) mit den von Ångström angegebenen in so hohem Grade übereinstimmen, wie dies nur immer gewünscht werden kann. Auch mit den von Mascart gegebenen Werthen (Compt. rend. vom 13. Juni 1864, S. 1111) ist die Übereinstimmung eine so ziemlich vollkommene. Es wäre nur zu wünschen, dass Mascart auch eine absolute Bestimmung der *D*-Linien mit seinem Gitter durchführte. Eine Differenz mit den Ångström'schen Wellenlängen hat sich nur bei den Linien 831, 850, 860, 864, 874·5, 877, 885, 895 ergeben, obwohl die Stärke dieser keinen Zweifel darüber aufkommen lassen, dass Ångström dieselben Linien gemessen habe. Eine wiederholte Messung, die ich vorgenommen hatte, ergab mir dieselben Resultate, wie die früheren.

<i>B.</i>	593	688·33	1174·4	566·76
<i>C.</i>	694	657·11	1200·4	563·39
	711·5	652·58	1207·5	562·40
	719·5	650·54	1218	561·19
	783·5	634·72	1231·6	559·55
	831	624·07	1242·5	558·19
	850	620·09	1280	553·68
	860	617·96	1303·7	551·54
	864	617·19	1307	551·11
	874·5	615·20	1324·8	548·54
	877	614·70	1337	547·19
	885	613·22	1343·5	546·46
	895	611·28	1351·3	545·49
	959	598·59	1367	543·82
<i>Db.</i>	1002·8	590·53	1389·6	541·32
<i>Da.</i>	1006·8	589·89	1410·5	539·19
	1029·4	586·70	1421·6	537·92
	1096·1	577·16	1451	534·91
	1103	576·21	1463	533·69
	1135	571·93	1492·5	530·62

	1155·7	569·13	1506·5	529·19
	1515·5	528·41	2309	467·42
<i>E.</i>	1523·5	527·83	2416	460·97
	1542	526·38	2436·5	459·01
	1569·8	524·13	2457·5	457·14
	1577·5	523·49	2467·4	456·06
	1589·1	522·36	2489·4	454·09
	1601·6	521·71	2537·1	450·89
	1622·4	520·06	2547·2	450·46
	1634	519·12	2566·3	448·80
<i>b.</i>	1648·8	518·09	2606	446·33
	1655·6	517·54	2627	444·98
	1693·8	515·03	2638·6	444·18
	1737·6	511·80	2670	442·22
	1750·4	510·68	2686·6	441·21
	1777·4	508·79	2721·6	439·08
	1799	507·29	2734·9	438·13
	1834	504·93	2775·6	436·00
	1854·5	503·63	2797	434·66
	1867	502·64	2822·8	433·14
	1873·5	502·05	<i>G.</i> 2854·7	431·70
	1885·8	501·45	2869·7	430·70
	1908·5	500·10	$\alpha$	429·53
	1920	499·14	A	427·89
	1961	496·53	$\gamma$	426·68
	1975·6	495·41	$\zeta$	425·98
	1983	494·71	$\delta$	425·55
	1989·5	494·12	$\epsilon, \omega$	424·25
	2005	492·69	B	423·25
	2018	491·78	$\varsigma$	422·38
	3041·4	489·90	$\theta$	420·69
	2058	488·54	$\iota$	419·48
	2067	487·91	$\kappa$	417·92
<i>F.</i>	2080·1	486·87	$\mu$	416·26
	2103·3	484·99	$\nu$	414·98
	2119·8	483·17	$\Gamma$	413·92
	2148·9	480·92	E	410·77
	2157·4	479·91	$\omicron$	408·76
	2160·6	479·59	$\pi$	408·29
	2187·1	477·17	$\sigma$	406·85
	2201·9	476·26	Z	405·06
	2221·7	474·70	$\tau$	403·92
	2233·7	473·71	$\varphi$	401·17
	2250	471·61	H	397·42
	2264·3	471·06	H'	394·05